

08 JUN 2003

10/537510

PCT/JP03/15556

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

04.12.03

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日  
Date of Application:

2002年12月 6日

出願番号  
Application Number:

特願2002-355652

[ST. 10/C]:

[JP2002-355652]

出願人  
Applicant(s):

浜松ホトニクス株式会社

RECEIVED

03 FEB 2004

WIPO

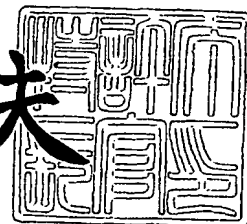
PCT

PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 1月15日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号 出証特2003-3111926

【書類名】 特許願  
【整理番号】 2002-0563  
【提出日】 平成14年12月 6日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 B23K 26/00320  
B23K 26/04  
H01L 21/301

## 【発明者】

【住所又は居所】 静岡県浜松市市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社内

【氏名】 福満 憲志

## 【発明者】

【住所又は居所】 静岡県浜松市市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社内

【氏名】 福世 文嗣

## 【発明者】

【住所又は居所】 静岡県浜松市市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社内

【氏名】 久野 耕司

## 【特許出願人】

【識別番号】 000236436

【氏名又は名称】 浜松ホトニクス株式会社

## 【代理人】

【識別番号】 100088155

## 【弁理士】

【氏名又は名称】 長谷川 芳樹

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100089978

【弁理士】

【氏名又は名称】 塩田 辰也

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100092657

【弁理士】

【氏名又は名称】 寺崎 史朗

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014708

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 レーザ加工装置及びレーザ加工方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ウェハ状の加工対象物の内部に集光点を合わせて第 1 のレーザ光を照射し、前記加工対象物の内部に多光子吸収による改質領域を形成するレーザ加工装置であって、

前記第 1 のレーザ光と、前記加工対象物のレーザ光照射面の変位を測定するための第 2 のレーザ光とを同一の軸線上で前記加工対象物に向けて集光する集光レンズと、

前記レーザ光照射面で反射された前記第 2 のレーザ光の反射光を検出することにより、前記加工対象物の内部における前記第 1 のレーザ光の集光点の位置を制御する集光点位置制御手段とを備えたことを特徴とするレーザ加工装置。

【請求項 2】 前記レーザ光照射面は、前記加工対象物の前記集光レンズ側の表面であり、

前記集光点位置制御手段は、前記第 1 のレーザ光の集光点の位置が前記集光レンズ側の表面から一定の深さとなるように前記第 1 のレーザ光の集光点の位置を制御することを特徴とする請求項 1 記載のレーザ加工装置。

【請求項 3】 前記集光点位置制御手段は、前記集光レンズと前記加工対象物との距離を変化させることで、前記加工対象物の内部における前記第 1 のレーザ光の集光点の位置を制御することを特徴とする請求項 1 又は 2 記載のレーザ加工装置。

【請求項 4】 前記第 2 のレーザ光の反射光の光路上には、前記第 2 のレーザ光の反射光を通過させ、前記レーザ光照射面で反射された前記第 1 のレーザ光の反射光を遮断するフィルタが設けられていることを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項記載のレーザ加工装置。

【請求項 5】 第 1 のレーザ光を照射して前記加工対象物を加工するレーザ加工装置であって、

前記第 1 のレーザ光と、前記加工対象物のレーザ光照射面の変位を測定するための第 2 のレーザ光とを同一の軸線上で前記加工対象物に向けて集光する集光レ

レンズと、

前記レーザ光照射面で反射された前記第2のレーザ光の反射光を検出することにより、前記加工対象物に対する前記第1のレーザ光の集光点の位置を制御する集光点位置制御手段とを備えたことを特徴とするレーザ加工装置。

【請求項6】 ウェハ状の加工対象物の内部に集光点を合わせて第1のレーザ光を照射し、前記加工対象物の内部に多光子吸収による改質領域を形成するレーザ加工方法であって、

前記第1のレーザ光と、前記加工対象物のレーザ光照射面の変位を測定するための第2のレーザ光とを同一の軸線上で前記加工対象物に向けて集光し、

前記レーザ光照射面で反射された前記第2のレーザ光の反射光を検出することにより、前記加工対象物の内部における前記第1のレーザ光の集光点の位置を制御することを特徴とするレーザ加工方法。

【請求項7】 第1のレーザ光を照射して前記加工対象物を加工するレーザ加工方法であって、

前記第1のレーザ光と、前記加工対象物のレーザ光照射面の変位を測定するための第2のレーザ光とを同一の軸線上で前記加工対象物に向けて集光し、

前記レーザ光照射面で反射された前記第2のレーザ光の反射光を検出することにより、前記加工対象物に対する前記第1のレーザ光の集光点の位置を制御することを特徴とするレーザ加工方法。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

#### 【発明の属する技術分野】

本発明は、レーザ光を照射することで加工対象物を加工するためのレーザ加工装置及びレーザ加工方法に関する。

##### 【0002】

#### 【従来の技術】

従来のレーザ加工装置には、加工対象物を加工するためのレーザ光を集光する集光レンズに対し、加工対象物の表面高さを測定する測定手段（接触式変位計や超音波距離計等）を所定の間隔をもって並設させたものがある（例えば、特許文

献1の図8～図10参照)。このようなレーザ加工装置では、加工対象物の表面に沿ってレーザ光をスキャンする際に、測定手段により加工対象物の表面高さを測定し、その測定点が集光レンズの直下に到達したときに、その表面高さの測定値に基づいて集光レンズと加工対象物の表面との距離が一定となるように集光レンズをその光軸方向に駆動する。これにより、加工対象物の表面が凸凹していても、レーザ光の集光点を常に加工対象物の表面に位置させてレーザ光を照射することができる。

#### 【0003】

##### 【特許文献1】

特開 2002-219591号公報

#### 【0004】

##### 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上述したようなレーザ加工装置にあつては、次のような課題が存在する。すなわち、集光レンズと測定手段とが所定の間隔をもって並設されているため、加工対象物を載置するステージの振動などによって、集光レンズ直下における加工対象物の実際の表面高さと測定手段による測定値との間に誤差を生じてしまい、レーザ光の集光点の位置が加工対象物の表面からずれるおそれがある。

#### 【0005】

そこで、本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、加工対象物を加工するためのレーザ光を所定の位置に精度良く集光することのできるレーザ加工装置及びレーザ加工方法を提供することを目的とする。

#### 【0006】

##### 【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明に係るレーザ加工装置は、ウェハ状の加工対象物の内部に集光点を合わせて第1のレーザ光を照射し、加工対象物の内部に多光子吸収による改質領域を形成するレーザ加工装置であつて、第1のレーザ光と、加工対象物のレーザ光照射面の変位を測定するための第2のレーザ光とを同一の軸線上で加工対象物に向けて集光する集光レンズと、レーザ光照射面で反射

された第2のレーザー光の反射光を検出することにより、加工対象物の内部における第1のレーザー光の集光点の位置を制御する集光点位置制御手段とを備えたことを特徴とする。

#### 【0007】

このレーザー加工装置においては、多光子吸収による改質領域を形成するための第1のレーザー光と、加工対象物のレーザー光照射面の変位を測定するための第2のレーザー光とが同一の軸線上において集光レンズにより加工対象物に向けて集光される。このとき、集光点位置制御手段によって、レーザー光照射面で反射された第2のレーザー光の反射光が検出され、第1のレーザー光の集光点の位置が加工対象物の内部における所定の位置に制御される。このように、第1のレーザー光による改質領域の形成と、第2のレーザー光によるレーザー光照射面の変位の測定とが同一の軸線上において行われるため、例えば、加工対象物を載置するステージの振動などを原因として、第1のレーザー光の集光点の位置が加工対象物の内部における所定の位置からずれてしまうのを防止することができる。したがって、加工対象物を加工するための第1のレーザー光を所定の位置に精度良く集光することが可能になる。

#### 【0008】

そして、ウェハ状の加工対象物の内部に多光子吸収による改質領域を形成する場合には集光レンズの開口数を大きくする必要があり、そのため、溶断等のレーザー加工を行う場合に比べて、集光レンズと加工対象物とが近接することになる。このような状態で、従来のレーザー加工装置のように集光レンズの側方に測定手段を並設させることは装置構成上極めて困難であるが、本発明に係るレーザー加工装置によれば、そのような困難な構成を採用することも不要になる。

#### 【0009】

また、レーザー光照射面は、加工対象物の集光レンズ側の表面であり、集光点位置制御手段は、第1のレーザー光の集光点の位置が集光レンズ側の表面から一定の深さとなるように第1のレーザー光の集光点の位置を制御することが好ましい。これにより、例えば、改質領域を起点として加工対象物を切断する場合に、加工対象物の表面側での切断精度を安定化させることができる。このような表面側での

切断精度の安定化は、加工対象物の表面に複数の機能素子が形成され、機能素子毎に加工対象物を切断する場合には、機能素子の損傷を防止可能であるため特に有効である。なお、機能素子とは、フォトダイオード等の受光素子やレーザダイオード等の発光素子、或いは回路として形成された回路素子等を意味する。

#### 【0010】

また、集光点位置制御手段は、集光レンズと加工対象物との距離を変化させることで、加工対象物の内部における第1のレーザ光の集光点の位置を制御することが好ましい。すなわち、集光レンズ及び加工対象物の少なくとも一方を移動させることで、第1のレーザ光の集光点を加工対象物の内部における所定の位置に合わせることが可能になる。

#### 【0011】

また、第2のレーザ光の反射光の光路上には、第2のレーザ光の反射光を通過させ、レーザ光照射面で反射された第1のレーザ光の反射光を遮断するフィルタが設けられていることが好ましい。このフィルタを採用することで、集光点位置検出手段は、第1のレーザ光の反射光に影響されることなく第2のレーザ光の反射光を正確に検出することができ、第1のレーザ光の集光点の位置精度をより一層向上させることが可能になる。

#### 【0012】

また、本発明に係るレーザ加工装置は、第1のレーザ光を照射して加工対象物を加工するレーザ加工装置であって、第1のレーザ光と、加工対象物のレーザ光照射面の変位を測定するための第2のレーザ光とを同一の軸線上で加工対象物に向けて集光する集光レンズと、レーザ光照射面で反射された第2のレーザ光の反射光を検出することにより、加工対象物に対する第1のレーザ光の集光点の位置を制御する集光点位置制御手段とを備えたことを特徴とする。

#### 【0013】

このレーザ加工装置においても、上述した多光子吸収による改質領域を形成するためのレーザ加工装置と同様に、加工対象物を加工するための第1のレーザ光を所定の位置に精度良く集光することができる。

#### 【0014】

さらに、上記目的を達成するために、本発明はレーザ加工方法にも係り、ウェハ状の加工対象物の内部に集光点を合わせて第1のレーザ光を照射し、加工対象物の内部に多光子吸収による改質領域を形成するレーザ加工方法であって、第1のレーザ光と、加工対象物のレーザ光照射面の変位を測定するための第2のレーザ光とを同一の軸線上で加工対象物に向けて集光し、レーザ光照射面で反射された第2のレーザ光の反射光を検出することにより、加工対象物の内部における第1のレーザ光の集光点の位置を制御することを特徴とする。

#### 【0015】

また、本発明に係るレーザ加工方法は、第1のレーザ光を照射して加工対象物を加工するレーザ加工方法であって、第1のレーザ光と、加工対象物のレーザ光照射面の変位を測定するための第2のレーザ光とを同一の軸線上で加工対象物に向けて集光し、レーザ光照射面で反射された第2のレーザ光の反射光を検出することにより、加工対象物に対する第1のレーザ光の集光点の位置を制御することを特徴とする。

#### 【0016】

#### 【発明の実施の形態】

以下、本発明に係るレーザ加工装置及びレーザ加工方法の好適な実施形態について、図面を参照して詳細に説明する。

#### 【0017】

本実施形態に係るレーザ加工装置は、ウェハ状の加工対象物の内部に集光点を合わせてレーザ光を照射し、前記加工対象物の内部に多光子吸収による改質領域を形成するものである。そこで、本実施形態に係るレーザ加工装置の説明に先立って、多光子吸収による改質領域の形成について説明する。

#### 【0018】

材料の吸収のバンドギャップ  $E_G$  よりも光子のエネルギー  $h\nu$  が小さいと光学的に透明となる。よって、材料に吸収が生じる条件は  $h\nu > E_G$  である。しかし、光学的に透明でも、レーザ光の強度を非常に大きくすると  $n h\nu > E_G$  の条件 ( $n = 2, 3, 4, \dots$ ) で材料に吸収が生じる。この現象を多光子吸収という。パルス波の場合、レーザ光の強度はレーザ光の集光点のピークパワー密度（

$W/c\ m^2$ ) で決まり、例えばピークパワー密度が  $1 \times 10^8$  ( $W/c\ m^2$ ) 以上の条件で多光子吸収が生じる。ピークパワー密度は、(集光点におけるレーザ光の1パルス当たりのエネルギー)  $\div$  (レーザ光のビームスポット断面積 $\times$ パルス幅) により求められる。また、連続波の場合、レーザ光の強度はレーザ光の集光点の電界強度 ( $W/c\ m^2$ ) で決まる。

#### 【0019】

このような多光子吸収を利用する本実施形態に係るレーザ加工の原理について、図1～図6を参照して説明する。図1はレーザ加工中の加工対象物1の平面図であり、図2は図1に示す加工対象物1のII-II線に沿った断面図であり、図3はレーザ加工後の加工対象物1の平面図であり、図4は図3に示す加工対象物1のIV-IV線に沿った断面図であり、図5は図3に示す加工対象物1のV-V線に沿った断面図であり、図6は切断された加工対象物1の平面図である。

#### 【0020】

図1及び図2に示すように、加工対象物1の表面3には、加工対象物1を切断すべき所望の切断予定ライン5がある。切断予定ライン5は直線状に延びた仮想線である(加工対象物1に実際に線を引いて切断予定ライン5としてもよい)。本実施形態に係るレーザ加工は、多光子吸収が生じる条件で加工対象物1の内部に集光点Pを合わせてレーザ光Lを加工対象物1に照射して改質領域7を形成する。なお、集光点とはレーザ光Lが集光した箇所のことである。

#### 【0021】

レーザ光Lを切断予定ライン5に沿って(すなわち矢印A方向に沿って)相対的に移動させることにより、集光点Pを切断予定ライン5に沿って移動させる。これにより、図3～図5に示すように改質領域7が切断予定ライン5に沿って加工対象物1の内部にのみ形成され、この改質領域7でもって切断予定部8が形成される。本実施形態に係るレーザ加工方法は、加工対象物1がレーザ光Lを吸収することにより加工対象物1を発熱させて改質領域7を形成するのではない。加工対象物1にレーザ光Lを透過させ加工対象物1の内部に多光子吸収を発生させて改質領域7を形成している。よって、加工対象物1の表面3ではレーザ光Lがほとんど吸収されないので、加工対象物1の表面3が溶融することはない。

## 【0022】

加工対象物 1 の切断において、切断する箇所起点があると加工対象物 1 はその起点から割れるので、図 6 に示すように比較的小さな力で加工対象物 1 を切断することができる。よって、加工対象物 1 の表面 3 に不必要な割れを発生させることなく加工対象物 1 の切断が可能となる。

## 【0023】

なお、切断予定部を起点とした加工対象物の切断には、次の 2 通りが考えられる。1 つは、切断予定部形成後、加工対象物に人為的な力が印加されることにより、切断予定部を起点として加工対象物が割れ、加工対象物が切断される場合である。これは、例えば加工対象物の厚さが大きい場合の切断である。人為的な力が印加されるとは、例えば、加工対象物の切断予定部に沿って加工対象物に曲げ応力やせん断応力を加えたり、加工対象物に温度差を与えることにより熱応力を発生させたりすることである。他の 1 つは、切断予定部を形成することにより、切断予定部を起点として加工対象物の断面方向（厚さ方向）に向かって自然に割れ、結果的に加工対象物が切断される場合である。これは、例えば加工対象物の厚さが小さい場合には、1 列の改質領域により切断予定部が形成されることで可能となり、加工対象物の厚さが大きい場合には、厚さ方向に複数列形成された改質領域により切断予定部が形成されることで可能となる。なお、この自然に割れる場合も、切断する箇所において、切断予定部が形成されていない部位に対応する部分の表面上にまで割れが先走ることがなく、切断予定部を形成した部位に対応する部分のみを切断することができるので、切断を制御よくすることができる。近年、シリコンウェハ等の加工対象物の厚さは薄くなる傾向にあるので、このような制御性のよい切断方法は大変有効である。

## 【0024】

さて、本実施形態において多光子吸収により形成される改質領域としては、次の (1) ~ (3) がある。

## 【0025】

(1) 改質領域が 1 つ又は複数のクラックを含むクラック領域の場合  
加工対象物（例えばガラスや  $\text{LiTaO}_3$  からなる圧電材料）の内部に集光点

を合わせて、集光点における電界強度が $1 \times 10^8$  (W/cm<sup>2</sup>) 以上で且つパルス幅が $1 \mu\text{s}$ 以下の条件でレーザ光を照射する。このパルス幅の大きさは、多光子吸収を生じさせつつ加工対象物の表面に余計なダメージを与えずに、加工対象物の内部にのみクラック領域を形成できる条件である。これにより、加工対象物の内部には多光子吸収による光学的損傷という現象が発生する。この光学的損傷により加工対象物の内部に熱ひずみが誘起され、これにより加工対象物の内部にクラック領域が形成される。電界強度の上限値としては、例えば $1 \times 10^{12}$  (W/cm<sup>2</sup>) である。パルス幅は例えば $1 \text{ ns} \sim 200 \text{ ns}$ が好ましい。なお、多光子吸収によるクラック領域の形成は、例えば、第45回レーザ熱加工研究会論文集(1998年、12月)の第23頁～第28頁の「固体レーザ高調波によるガラス基板の内部マーキング」に記載されている。

#### 【0026】

本発明者は、電界強度とクラックの大きさとの関係を実験により求めた。実験条件は次の通りである。

#### 【0027】

(A) 加工対象物: パイレックス (登録商標) ガラス (厚さ $700 \mu\text{m}$ )

(B) レーザ

光源: 半導体レーザ励起Nd:YAGレーザ

波長:  $1064 \text{ nm}$

レーザ光スポット断面積:  $3.14 \times 10^{-8} \text{ cm}^2$

発振形態: Qスイッチパルス

繰り返し周波数:  $100 \text{ kHz}$

パルス幅:  $30 \text{ ns}$

出力: 出力 $< 1 \text{ mJ}$ /パルス

レーザ光品質: TEM<sub>00</sub>

偏光特性: 直線偏光

(C) 集光用レンズ

レーザ光波長に対する透過率: 60パーセント

(D) 加工対象物が載置される載置台の移動速度:  $100 \text{ mm/秒}$

## 【0028】

なお、レーザ光品質がTEM<sub>00</sub>とは、集光性が高くレーザ光の波長程度まで集光可能を意味する。

## 【0029】

図7は上記実験の結果を示すグラフである。横軸はピークパワー密度であり、レーザ光がパルスレーザ光なので電界強度はピークパワー密度で表される。縦軸は1パルスのレーザ光により加工対象物の内部に形成されたクラック部分（クラックスポット）の大きさを示している。クラックスポットが集まりクラック領域となる。クラックスポットの大きさは、クラックスポットの形状のうち最大の長さとなる部分の大きさである。グラフ中の黒丸で示すデータは集光用レンズ（C）の倍率が100倍、開口数（NA）が0.80の場合である。一方、グラフ中の白丸で示すデータは集光用レンズ（C）の倍率が50倍、開口数（NA）が0.55の場合である。ピークパワー密度が10<sup>11</sup>（W/cm<sup>2</sup>）程度から加工対象物の内部にクラックスポットが発生し、ピークパワー密度が大きくなるに従いクラックスポットも大きくなることが分かる。

## 【0030】

次に、本実施形態に係るレーザ加工において、クラック領域形成による加工対象物の切断のメカニズムについて図8～図11を用いて説明する。図8に示すように、多光子吸収が生じる条件で加工対象物1の内部に集光点Pを合わせてレーザ光Lを加工対象物1に照射して切断予定ラインに沿って内部にクラック領域9を形成する。クラック領域9は1つ又は複数のクラックを含む領域である。このクラック領域9でもって切断予定部が形成される。図9に示すようにクラック領域9を起点として（すなわち、切断予定部を起点として）クラックがさらに成長し、図10に示すようにクラックが加工対象物1の表面3と裏面17に到達し、図11に示すように加工対象物1が割れることにより加工対象物1が切断される。加工対象物の表面と裏面に到達するクラックは自然に成長する場合もあるし、加工対象物に力が印加されることにより成長する場合もある。

## 【0031】

(2) 改質領域が溶融処理領域の場合

加工対象物（例えばシリコンのような半導体材料）の内部に集光点を合わせて、集光点における電界強度が  $1 \times 10^8$  ( $\text{W}/\text{cm}^2$ ) 以上で且つパルス幅が  $1 \mu\text{s}$  以下の条件でレーザ光を照射する。これにより加工対象物の内部は多光子吸収によって局所的に加熱される。この加熱により加工対象物の内部に熔融処理領域が形成される。熔融処理領域とは一旦熔融後再固化した領域や、まさに熔融状態の領域や、熔融状態から再固化する状態の領域であり、相変化した領域や結晶構造が変化した領域ということもできる。また、熔融処理領域とは単結晶構造、非晶質構造、多結晶構造において、ある構造が別の構造に変化した領域ということもできる。つまり、例えば、単結晶構造から非晶質構造に変化した領域、単結晶構造から多結晶構造に変化した領域、単結晶構造から非晶質構造及び多結晶構造を含む構造に変化した領域を意味する。加工対象物がシリコン単結晶構造の場合、熔融処理領域は例えば非晶質シリコン構造である。電界強度の上限値としては、例えば  $1 \times 10^{12}$  ( $\text{W}/\text{cm}^2$ ) である。パルス幅は例えば  $1 \text{ ns} \sim 200 \text{ ns}$  が好ましい。

#### 【0032】

本発明者は、シリコンウェハの内部で熔融処理領域が形成されることを実験により確認した。実験条件は次の通りである。

#### 【0033】

(A) 加工対象物：シリコンウェハ（厚さ  $350 \mu\text{m}$ 、外径 4 インチ）

(B) レーザ

光源：半導体レーザ励起 Nd:YAG レーザ

波長：  $1064 \text{ nm}$

レーザ光スポット断面積：  $3.14 \times 10^{-8} \text{ cm}^2$

発振形態：Q スイッチパルス

繰り返し周波数：  $100 \text{ kHz}$

パルス幅：  $30 \text{ ns}$

出力：  $20 \mu\text{J}$  / パルス

レーザ光品質：TEM<sub>00</sub>

偏光特性：直線偏光

## (C) 集光用レンズ

倍率: 50倍

N. A. : 0.55

レーザ光波長に対する透過率: 60パーセント

(D) 加工対象物が載置される載置台の移動速度: 100 mm/秒

## 【0034】

図12は、上記条件でのレーザ加工により切断されたシリコンウェハの一部における断面の写真を表した図である。シリコンウェハ11の内部に溶融処理領域13が形成されている。なお、上記条件により形成された溶融処理領域13の厚さ方向の大きさは100  $\mu$ m程度である。

## 【0035】

溶融処理領域13が多光子吸収により形成されたことを説明する。図13は、レーザ光の波長とシリコン基板の内部の透過率との関係を示すグラフである。ただし、シリコン基板の表面側と裏面側それぞれの反射成分を除去し、内部のみの透過率を示している。シリコン基板の厚さ $t$ が50  $\mu$ m、100  $\mu$ m、200  $\mu$ m、500  $\mu$ m、1000  $\mu$ mの各々について上記関係を示した。

## 【0036】

例えば、Nd:YAGレーザの波長である1064 nmにおいて、シリコン基板の厚さが500  $\mu$ m以下の場合、シリコン基板の内部ではレーザ光が80%以上透過することが分かる。図12に示すシリコンウェハ11の厚さは350  $\mu$ mであるので、多光子吸収による溶融処理領域13はシリコンウェハの中心付近、つまり表面から175  $\mu$ mの部分に形成される。この場合の透過率は、厚さ200  $\mu$ mのシリコンウェハを参考にすると、90%以上なので、レーザ光がシリコンウェハ11の内部で吸収されるのは僅かであり、ほとんどが透過する。このことは、シリコンウェハ11の内部でレーザ光が吸収されて、溶融処理領域13がシリコンウェハ11の内部に形成（つまりレーザ光による通常の加熱で溶融処理領域が形成）されたものではなく、溶融処理領域13が多光子吸収により形成されたことを意味する。多光子吸収による溶融処理領域の形成は、例えば、溶接学会全国大会講演概要第66集（2000年4月）の第72頁～第73頁の「ピコ

秒パルスレーザによるシリコンの加工特性評価」に記載されている。

#### 【0037】

なお、シリコンウェハは、熔融処理領域でもって形成される切断予定部を起点として断面方向に向かって割れを発生させ、その割れがシリコンウェハの表面と裏面とに到達することにより、結果的に切断される。シリコンウェハの表面と裏面に到達するこの割れは自然に成長する場合もあるし、シリコンウェハに力が印加されることにより成長する場合もある。なお、切断予定部からシリコンウェハの表面と裏面とに割れが自然に成長する場合には、切断予定部を形成する熔融処理領域が熔融している状態から割れが成長する場合と、切断予定部を形成する熔融処理領域が熔融している状態から再固化する際に割れが成長する場合とのいずれもある。ただし、どちらの場合も熔融処理領域はシリコンウェハの内部のみに形成され、切断後の切断面には、図12のように内部にのみ熔融処理領域が形成されている。加工対象物の内部に熔融処理領域でもって切断予定部を形成すると、割断時、切断予定部ラインから外れた不必要な割れが生じにくいので、割断制御が容易となる。

#### 【0038】

##### (3) 改質領域が屈折率変化領域の場合

加工対象物（例えばガラス）の内部に集光点を合わせて、集光点における電界強度が $1 \times 10^8$  (W/cm<sup>2</sup>) 以上で且つパルス幅が1 ns以下の条件でレーザ光を照射する。パルス幅を極めて短くして、多光子吸収を加工対象物の内部に起こさせると、多光子吸収によるエネルギーが熱エネルギーに転化せずに、加工対象物の内部にはイオン価数変化、結晶化又は分極配向等の永続的な構造変化が誘起されて屈折率変化領域が形成される。電界強度の上限値としては、例えば $1 \times 10^{12}$  (W/cm<sup>2</sup>) である。パルス幅は例えば1 ns以下が好ましく、1 ps以下がさらに好ましい。多光子吸収による屈折率変化領域の形成は、例えば、第42回レーザ熱加工研究会論文集（1997年、11月）の第105頁～第111頁の「フェムト秒レーザ照射によるガラス内部への光誘起構造形成」に記載されている。

#### 【0039】

次に、本実施形態に係るレーザ加工装置について、図14及び図15を参照して説明する。

#### 【0040】

図14に示すように、レーザ加工装置20は、ウェハ状の加工対象物1の内部に集光点P1を合わせて加工用レーザ光（第1のレーザ光）L1を照射することで、加工対象物1の内部に多光子吸収による改質領域7を形成し、この改質領域7でもって、加工対象物1の表面3に沿って延在する切断予定部8を形成する装置である。ここで、加工対象物1はシリコンウェハ等の半導体ウェハであり、改質領域7は熔融処理領域である。

#### 【0041】

このレーザ加工装置20は、加工対象物1が載置されるステージ21を有しており、このステージ21は、上下方向をZ軸方向としてX軸方向、Y軸方向、Z軸方向の各方向に移動可能となっている。ステージ21の上方には、加工用レーザ光L1を発生するレーザ光源22等を収容した筐体23が配置されている。このレーザ光源22は、例えばNd:YAGレーザであり、真下に位置するステージ21上の加工対象物1に向けてパルス幅1 $\mu$ s以下のパルスレーザ光である加工用レーザ光L1を出射する。

#### 【0042】

筐体23の下端面には電動レボルバ24が取り付けられており、この電動レボルバ24には、加工対象物1を観察するための観察用対物レンズ26と、加工用レーザ光L1を集光するための加工用対物レンズ27とが装着されている。各対物レンズ26、27の光軸は、電動レボルバ24の回転によって加工用レーザ光L1の光軸に一致させられる。なお、加工用対物レンズ27と電動レボルバ24との間には、ピエゾ素子を用いたアクチュエータ28が介在されており、このアクチュエータ28によって加工用対物レンズ27の位置がZ軸方向（上下方向）に微調整される。

#### 【0043】

図15に示すように、加工用対物レンズ27は円筒形状のレンズホルダ29を有し、このレンズホルダ29は、その内部において複数のレンズを組み合わせ

なる開口数「0.80」の集光レンズ31を保持している。そして、レンズホルダ29の上端部には、集光レンズ31に対する加工用レーザ光L1の入射瞳として入射開口32が形成され、レンズホルダ29の下端部には加工用レーザ光L1の出射開口33が形成されている。このように構成された加工用対物レンズ27によって加工用レーザ光L1が集光され、集光レンズ31による集光点P1での加工用レーザ光L1のピークパワー密度は $1 \times 10^8$  (W/cm<sup>2</sup>) 以上となる。

#### 【0044】

また、筐体23内における加工用レーザ光L1の光軸上には、図14に示すように、レーザ光源22で発生したレーザ光L1のビームサイズを拡大するビームエキスパンダ34と、レーザ光L1の出力や偏光を調整するレーザ光調整光学系36と、レーザ光L1の通過又は遮断を行う電磁シャッタ37と、レーザ光L1のビームサイズを絞る絞り部材38とが上から下にこの順序で配置されている。

#### 【0045】

図15に示すように、絞り部材38は、加工用対物レンズ27の入射開口32の上方に位置して筐体23に取り付けられており、加工用レーザ光L1の光軸上においてこのレーザ光L1を絞って通過させるアパーチャ39を有している。このアパーチャ39の開口径は、加工用対物レンズ27の入射開口32と同径もしくは小さい径に形成されており、アパーチャ39の中心軸は、絞り部材38に設けられた調節ネジ35によって入射開口32の中心軸に正確に一致させることができる。

#### 【0046】

このように構成された絞り部材38をビームエキスパンダ34と加工用対物レンズ27との間に配置することで、次のような作用・効果を奏する。すなわち、ビームエキスパンダ34によりビームサイズを拡大された加工用レーザ光L1は、絞り部材38によってアパーチャ39より大きいレーザ光L1の外周部分がカットされ、これにより、アパーチャ39を通過した加工用レーザ光L1の径は、加工用対物レンズ27の入射開口32の径と略同等になる。そのため、入射開口32の周囲部分によるレーザ光L1のカット量をほとんどなくして、加工用レーザ光L1の照射によるレンズホルダ29の加熱を防止することができる。したが

って、レーザ加工中におけるレンズホルダ 29 の加熱を主原因とした加工用レーザ光 L1 の集光点 P1 の位置変動を小さく抑えることが可能になる。

#### 【0047】

さらに、レーザ加工装置 20 は、加工用レーザ光 L1 の集光点 P1 の位置が加工対象物 1 の表面 3 から一定の深さとなるように集光点 P1 の位置を制御する集光点位置制御手段 40 を有している。この集光点位置検出手段 40 について、図 15～図 18 を参照して説明する。

#### 【0048】

図 15 に示すように、レーザダイオード等である測距用光源 41 から出射された測距用レーザ光（第 2 のレーザ光）L2 は、ピンホール 43、ビームエキスパンダ 44 を順次通過した後、ミラー 46、ハーフミラー 47 により順次反射されて、電磁シャッタ 37 と絞り部材 38 との間に配置されたダイクロイックミラー 48 に導かれる。このダイクロイックミラー 48 により反射された測距用レーザ光 L2 は、加工用レーザ光 L1 の光軸上を下方に向かって進行し、絞り部材 38 のアパーチャ 39 を通過した後、加工用対物レンズ 27 の集光レンズ 31 により集光されて加工対象物 1 に照射される。なお、加工用レーザ光 L1 はダイクロイックミラー 48 を透過する。

#### 【0049】

そして、加工対象物 1 の表面（レーザ光照射面）3 で反射された測距用レーザ光の反射光 L3 は、加工用対物レンズ 27 の集光レンズ 31 に再入射して加工用レーザ光 L1 の光軸上を上方に向かって進行し、絞り部材 38 のアパーチャ 39 を通過した後、ダイクロイックミラー 48 により反射される。このダイクロイックミラー 48 により反射された測距用レーザ光の反射光 L3 は、ハーフミラー 47、フィルタ 45 を順次通過する。このフィルタ 45 は、波長に応じて光を通過させ或いは遮断するものであり、測距用レーザ光の反射光 L3 を通過させる一方、加工対象物 1 の表面 3 や裏面 17 で反射した加工用レーザ光 L1 の反射光を遮断する。フィルタ 45 を通過した測距用レーザ光の反射光 L3 は、シリンдриカルレンズと平凸レンズとからなる整形光学系 49 により集光されて、フォトダイオードを 4 等分してなる 4 分割位置検出素子 42 上に照射される。

## 【0050】

この受光素子である4分割位置検出素子42上に集光された測距用レーザ光の反射光L3の集光像パターンは、加工用対物レンズ27の集光レンズ31による測距用レーザ光L2の集光点（すなわち、焦点）が加工対象物1の表面3に対してどの位置にあるかによって変化する。ここで、測距用レーザ光L2の集光点の位置と測距用レーザ光の反射光L3の集光像パターンとの関係について説明する。

## 【0051】

図16に示すように、測距用レーザ光L2の集光点P2が加工対象物1の表面3上に位置する場合には、測距用レーザ光の反射光L3は、測距用レーザ光L2と同様の軌跡を辿って加工用対物レンズ27の集光レンズ31を逆行し、整形光学系49を通過して4分割位置検出素子42上に真円の集光像パターンFを形成する。

## 【0052】

また、図17に示すように、測距用レーザ光L2の集光点P2が加工対象物1の表面3の先（すなわち、加工対象物1の内部）に位置する場合には、測距用レーザ光の反射光L3は、測距用レーザ光L2とは異なり拡散しながら加工用対物レンズ27の集光レンズ31を逆行し、整形光学系49を通過して4分割位置検出素子42上に縦長の楕円の集光像パターンFを形成する。

## 【0053】

また、図18に示すように、測距用レーザ光L2の集光点P2が加工対象物1の表面3の手前に位置する場合には、測距用レーザ光の反射光L3は、測距用レーザ光L2とは異なり集光されながら加工用対物レンズ27の集光レンズ31を逆行し、整形光学系49を通過して4分割位置検出素子42上に横長の楕円の集光像パターンFを形成する。

## 【0054】

以上のように、4分割位置検出素子42上における測距用レーザ光の反射光L3の集光像パターンFは、測距用レーザ光L2の集光点P2の位置に応じて変化する。そのため、4分割位置検出素子42からの出力信号（縦方向で対向する受

光面からの出力と横方向で対向する受光面からの出力との差)に基づいて、加工対象物 1 の表面 3 に対する測距用レーザ光 L 2 の集光点 P 2 の位置を求めることができる。

#### 【0055】

そこで、集光点位置制御手段 40 は、図 15 に示すように、位置検出演算回路 50 及びアクチュエータ制御部 55 を有している。位置検出演算回路 50 は、4 分割位置検出素子 42 からの出力信号に基づいて、加工対象物 1 の表面 3 に対する測距用レーザ光 L 2 の集光点 P 2 の位置を演算する。そして、アクチュエータ制御部 55 は、位置検出演算回路 50 により求められた集光点 P 2 の位置に基づいて、加工用レーザ光 L 1 の集光点 P 1 の位置が加工対象物 1 の表面 3 から一定の深さとなるようにレーザ加工中常にアクチュエータ 28 をフィードバック制御し、加工用対物レンズ 27 の位置を上下方向に微調整する。

#### 【0056】

また、図 14 に示すように、レーザ加工装置 20 は、ステージ 21 上に載置された加工対象物 1 を観察すべく、観察用可視光を発生する観察用光源 51 を筐体 23 外に有し、CCD カメラ 52 を筐体 23 内に有している。

#### 【0057】

すなわち、観察用光源 51 で発せられた観察用可視光は、光ファイバからなるライトガイド 53 により筐体 23 内に導かれ、視野絞り 54、開口絞り 56、ダイクロイックミラー 57 等を順次通過した後、絞り部材 38 と加工用対物レンズ 27 の入射開口 32 と間に配置されたダイクロイックミラー 58 により反射される。反射された観察用可視光は、加工用レーザ光 L 1 の光軸上を下方に向かって進行し、電動レボルバ 24 の回転によって加工用レーザ光 L 1 の光軸上に配置された観察用対物レンズ 26 を通過して加工対象物 1 に照射される。なお、加工用レーザ光 L 1、測距用レーザ光 L 2 及びその反射光 L 3 はダイクロイックミラー 58 を透過する。

#### 【0058】

そして、加工対象物 1 の表面 3 で反射された観察用可視光の反射光は、観察用対物レンズ 26 内に再入射して加工用レーザ光 L 1 の光軸上を上方に向かって進

行し、ダイクロイックミラー 58 により反射される。このダイクロイックミラー 58 により反射された反射光は、ダイクロイックミラー 57 により更に反射されて、フィルタ 59、結像レンズ 61、リレーレンズ 62 を順次通過し、CCD カメラ 52 に入射することになる。

#### 【0059】

この CCD カメラ 52 により撮像された撮像データは全体制御部 63 に取り込まれ、この全体制御部 63 によって TV モニタ 64 に加工対象物 1 の表面 3 等の画像が映し出される。なお、全体制御部 63 は、各種処理を実行すると共に、ステージ 21 の移動、電磁レボルバ 24 の回転、電磁シャッタ 37 の開閉、CCD カメラ 52 による撮像等の他、レーザ加工装置 20 の全体の動作を制御するものである。

#### 【0060】

次に、上述したレーザ加工装置 20 によるレーザ加工手順について、図 19 を参照して説明する。ここでは、加工対象物 1 の表面 3 に沿ってその表面 3 から深さ D の位置に改質領域 7 を形成し、この改質領域 7 でもって切断予定ラインに沿って延在する切断予定部 8 を形成するものとする。

#### 【0061】

まず、ステージ 21 上に加工対象物 1 を載置し、加工対象物 1 の改質領域 7 の形成開始位置と加工用レーザ光 L1 の集光点 P1 とが一致するようにステージ 21 を移動させる。このステージ 21 の初期位置は、加工対象物 1 の厚さや屈折率、加工用対物レンズ 27 の集光レンズ 31 の開口数等に基づいて決定される。

#### 【0062】

続いて、レーザ光源 22 から加工用レーザ光 L1 を出射すると共に、測距用レーザ光源 41 から測距用レーザ光 L2 を出射し、集光レンズ 31 により集光されたレーザ光 L1、L2 が切断予定ライン上をスキャンするようにステージ 21 を X 軸方向や Y 軸方向に駆動する。このとき、焦点位置制御手段 40 によって、測距用レーザ光の反射光 L3 が検出され、加工用レーザ光 L1 の集光点 P1 の位置が常に加工対象物 1 の表面 3 から一定の深さ D となるようにアクチュエータ 28 がフィードバック制御されて、加工用対物レンズ 27 の位置が上下方向に微調整

される。

### 【0063】

これにより、図19に示すように、加工対象物1の表面3に面振れがあっても、表面3から一定の深さDの位置に改質領域7を形成し、表面3から距離Dをもって表面3の面振れに追従した切断予定部8を形成することができる。このような表面3の面振れに追従した切断予定部8を有する加工対象物1をその切断予定部8に沿って切断すると、加工対象物1の表面3側での切断精度が安定化する。そのため、シリコンウェハである加工対象物1の表面3に受光素子や或いは発光素子等の機能素子が複数形成され、この機能素子毎に加工対象物1を切断する場合には、切断による機能素子の損傷を防止することが可能になる。

### 【0064】

そして、加工対象物1の内部において裏面17側より表面3側に近い位置に改質領域7を形成すると、表面3側での切断精度を向上させることができる。そのため、例えば、平均板厚100 $\mu$ mのシリコンウェハでは表面から深さ30 $\mu$ mの位置、また、平均板厚50 $\mu$ mのシリコンウェハでは表面から深さ10 $\mu$ mの位置といったように、表面3からの深さが僅か数十 $\mu$ mの位置に改質領域7を形成する場合がある。このような場合に加工対象物1の表面3に面振れがあっても、レーザ加工装置20によれば、表面3から改質領域7を露出させてしまうようなことなく、表面3の面振れに追従した切断予定部8を加工対象物1の内部に形成することができる。

### 【0065】

以上説明したようにレーザ加工装置20においては、加工用レーザ光L1と測距用レーザ光L2とが同一の軸線上において加工用対物レンズ27の集光レンズ31により加工対象物1に向けて集光される。このとき、集光点位置制御手段40によって、加工対象物1の表面3で反射された測距用レーザ光の反射光L3が検出され、加工用レーザ光L1の集光点P1の位置が加工対象物1の表面3から一定の深さDの位置に制御される。このように、加工用レーザ光L1による改質領域7の形成と、測距用レーザ光L2による表面3の変位の測定とが同一の軸線上において行われるため、例えば、加工対象物1を載置するステージ21の振動な

どを原因として、加工用レーザ光L 1の集光点P 1の位置が一定の深さDの位置からずれてしまうのを防止することができる。したがって、加工用レーザ光L 1を加工対象物1の表面3から一定の深さDの位置に精度良く集光することが可能になる。

#### 【0066】

また、薄い板状の加工対象物1の内部に多光子吸収による改質領域7を形成する場合には加工用対物レンズ27の集光レンズ31の開口数を「0.80」というように大きくする必要があり、そのため、集光レンズ31と加工対象物1とが10mm程度まで近接することになる。このような状態で、表面3の変位を測定するためのセンサ等を集光レンズ31の側方に並設させることは装置構成上極めて困難であるが、レーザ加工装置20によれば、そのような困難な構成を採用する必要もない。

#### 【0067】

また、レーザ加工装置20において、測距用レーザ光の反射光L 3の光路上には、この反射光L 3を通過させる一方、加工対象物1の表面3や裏面17で反射された加工用レーザ光L 1の反射光を遮断するフィルタ45が設けられている。これにより、集光点位置検出手段40は、加工用レーザ光L 1の反射光に影響されることなく測距用レーザ光の反射光L 3を正確に検出することができ、加工用レーザ光L 1の集光点P 1の位置精度をより一層向上させることが可能になる。

#### 【0068】

本発明は上記実施形態に限定されない。例えば、上記実施形態は、加工対象物1の内部に多光子吸収による改質領域7を形成する場合であったが、本発明は様々なレーザ加工に適用可能であり、上記実施形態と同様に、加工対象物1を加工するためのレーザ光を所定の位置に精度良く集光することが可能である。

#### 【0069】

また、上記実施形態は、集光点位置制御手段40が加工対象物1の表面3での測距用レーザ光の反射光L 3を検出する場合であったが、本発明はこれに限らない。例えば、加工対象物1の表面3での測距用レーザ光の反射光L 3と共に、加工対象物1の裏面（レーザ光照射面）17での測距用レーザ光L 2の反射光を検

出してもよい。これにより、加工対象物 1 の表面 3 の変位と裏面 17 の変位とを測定することができ、よって、加工用対物レンズ 27 の集光レンズ 31 直下における加工対象物 1 の厚さを正確に求めることができる。したがって、例えば、加工用レーザ光 L1 の集光点 P1 を加工対象物 1 の厚さの半分の位置に合わせたり、加工対象物 1 の厚さの表面 3 側から  $1/3$  の位置に合わせたりというような集光点 P1 の位置制御が可能になる。

#### 【0070】

さらに、上記実施形態は、加工対象物 1 の表面 3 から一定の深さ D の位置に加工用レーザ光 L1 の集光点 P1 を合わせる場合であったが、集光点 P1 を合わせる位置を切断予定ラインに沿って変化させるような集光点 P1 の位置制御を行ってもよい。例えば、集光点 P1 を合わせる位置を波線状に変化させたり、集光点 P1 を合わせる位置の深さを途中で変えたりしてもよい。

#### 【0071】

##### 【発明の効果】

以上説明したように本発明に係るレーザ加工装置及びレーザ加工方法によれば、加工対象物を加工するためのレーザ光を所定の位置に精度良く集光することが可能になる。

##### 【図面の簡単な説明】

#### 【図 1】

本実施形態に係るレーザ加工方法によるレーザ加工中の加工対象物の平面図である。

#### 【図 2】

図 1 に示す加工対象物の II-II 線に沿った断面図である。

#### 【図 3】

本実施形態に係るレーザ加工方法によるレーザ加工後の加工対象物の平面図である。

#### 【図 4】

図 3 に示す加工対象物の IV-IV 線に沿った断面図である。

#### 【図 5】

図 3 に示す加工対象物の V-V 線に沿った断面図である。

【図 6】

本実施形態に係るレーザ加工方法により切断された加工対象物の平面図である。

【図 7】

本実施形態に係るレーザ加工方法における電界強度とクラックスポットの大きさとの関係を示すグラフである。

【図 8】

本実施形態に係るレーザ加工方法の第 1 工程における加工対象物の断面図である。

【図 9】

本実施形態に係るレーザ加工方法の第 2 工程における加工対象物の断面図である。

【図 10】

本実施形態に係るレーザ加工方法の第 3 工程における加工対象物の断面図である。

【図 11】

本実施形態に係るレーザ加工方法の第 4 工程における加工対象物の断面図である。

【図 12】

本実施形態に係るレーザ加工方法により切断されたシリコンウェハの一部における断面の写真を表した図である。

【図 13】

本実施形態に係るレーザ加工方法におけるレーザ光の波長とシリコン基板の内部の透過率との関係を示すグラフである。

【図 14】

本実施形態に係るレーザ加工装置の概略構成図である。

【図 15】

図 14 に示すレーザ加工装置の集光点位置制御手段を示す概略構成図である。

## 【図 1 6】

測距用レーザ光の集光点が加工対象物の表面上に位置する場合の測距用レーザ光の反射光の集光像パターンを説明するための図である。

## 【図 1 7】

測距用レーザ光の集光点が加工対象物の表面の先に位置する場合の測距用レーザ光の反射光の集光像パターンを説明するための図である。

## 【図 1 8】

測距用レーザ光の集光点が加工対象物の表面の手前に位置する場合の測距用レーザ光の反射光の集光像パターンを説明するための図である。

## 【図 1 9】

図 1 4 に示すレーザ加工装置による加工対象物の加工の様子を示す図である。

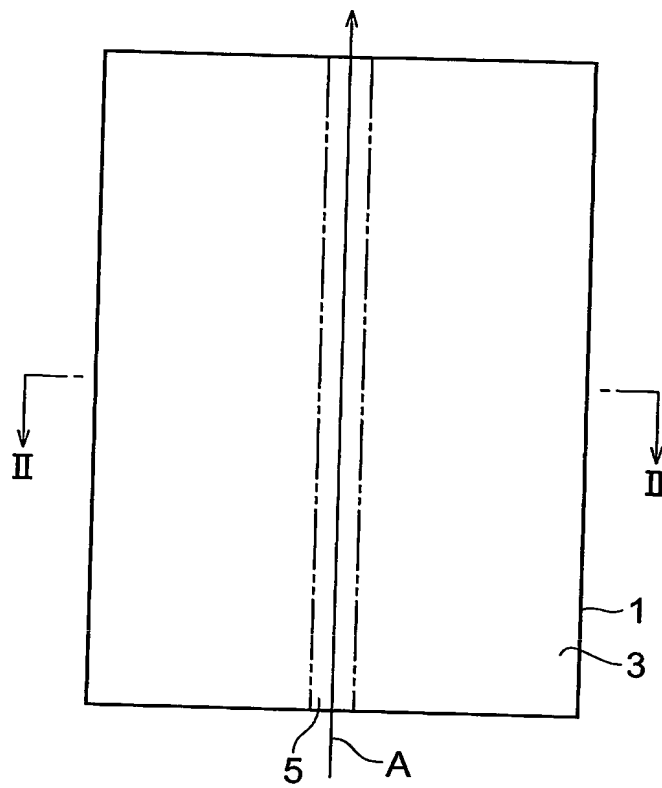
## 【符号の説明】

1…加工対象物、3…表面（レーザ光照射面）、7…改質領域、17…裏面（レーザ光照射面）20…レーザ加工装置、31…集光レンズ、40…集光点位置制御手段、45…フィルタ、L1…加工用レーザ光（第1のレーザ光）、L2…測距用レーザ光（第2のレーザ光）、L3…測距用レーザ光の反射光、P1…集光点。

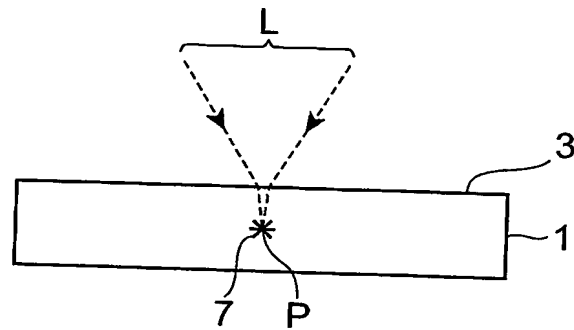
【書類名】

図面

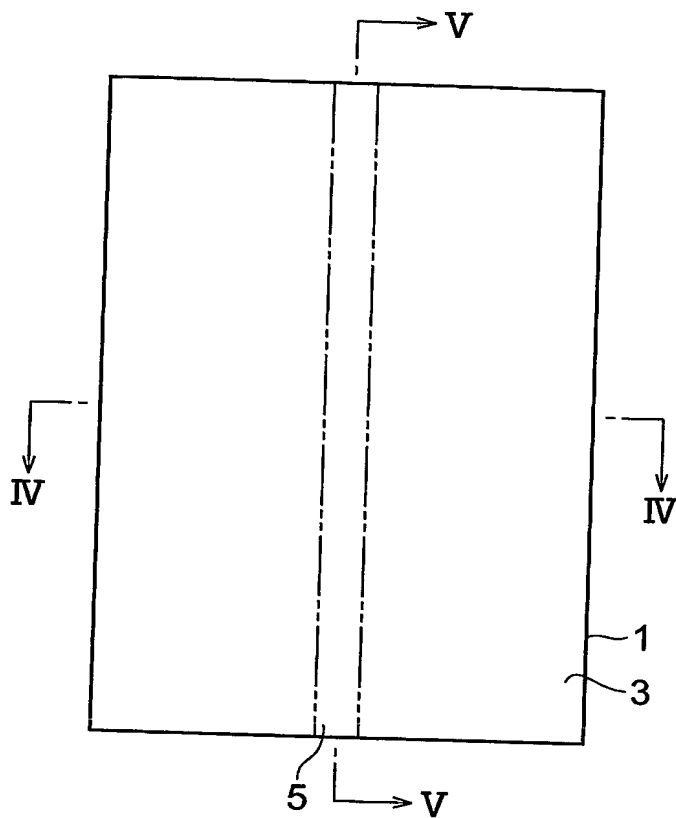
【図 1】



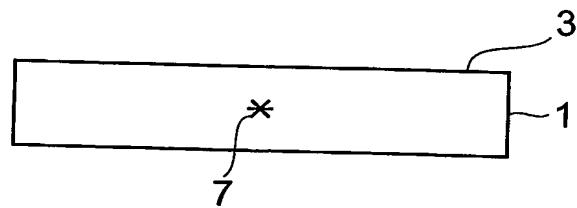
【図 2】



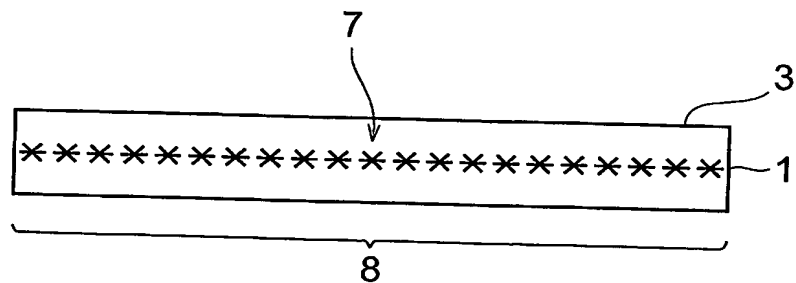
【図 3】



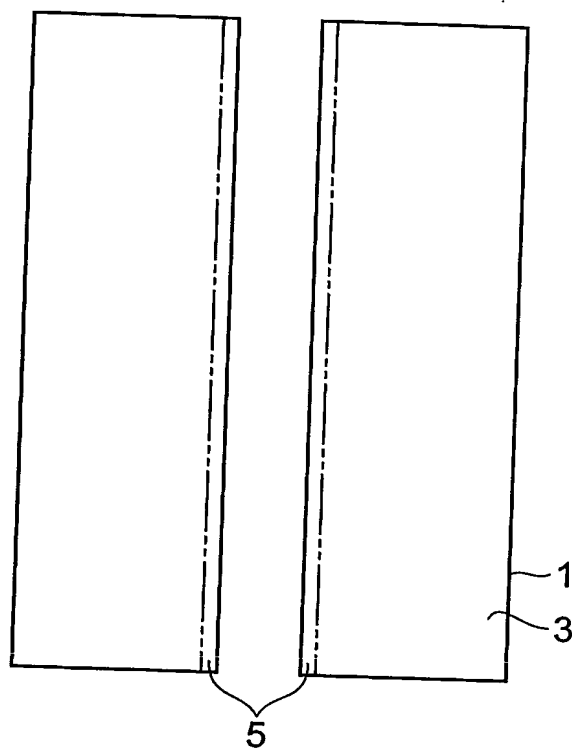
【図 4】



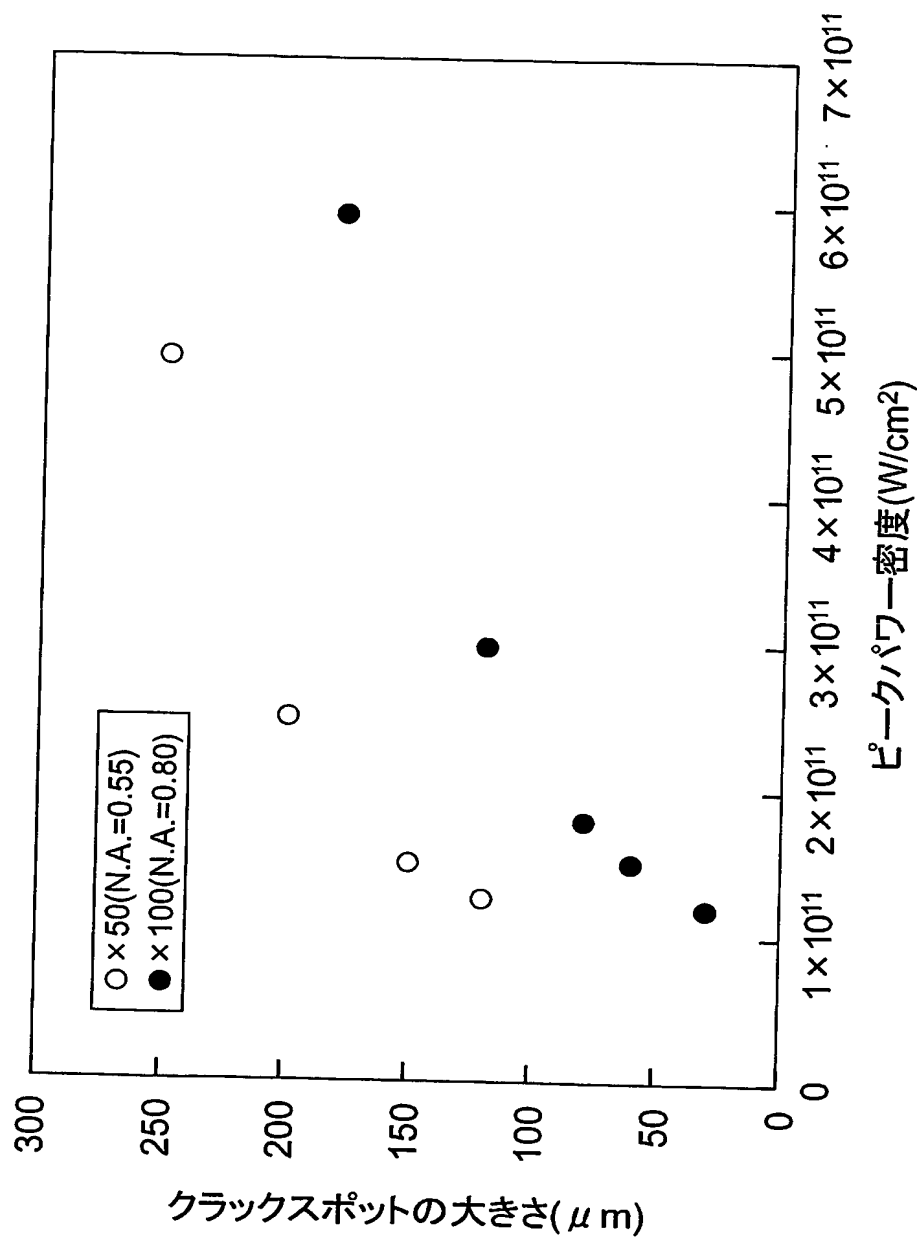
【図 5】



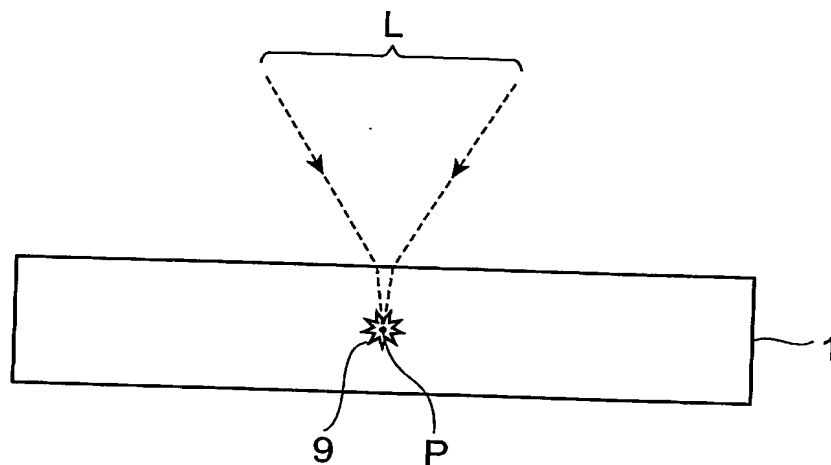
【図 6】



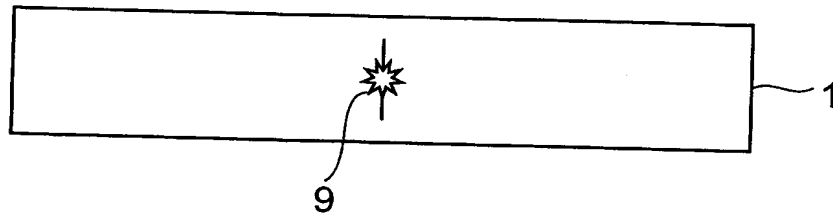
【図 7】



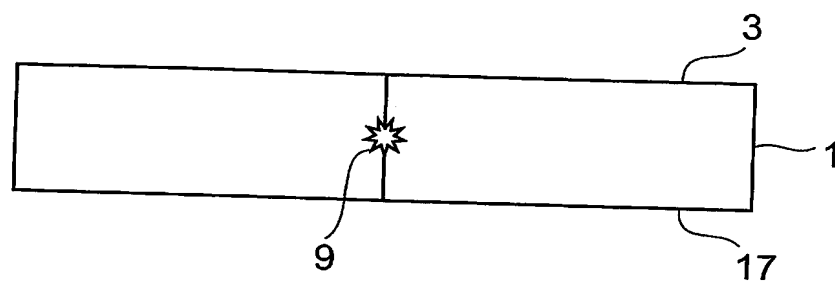
【図 8】



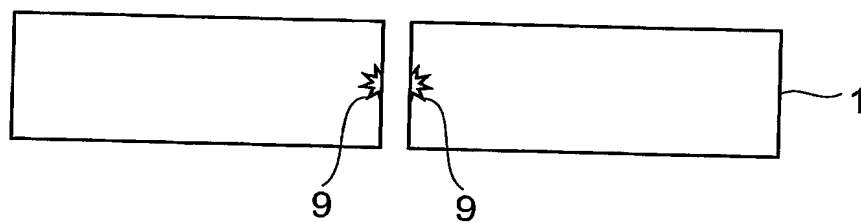
【図 9】



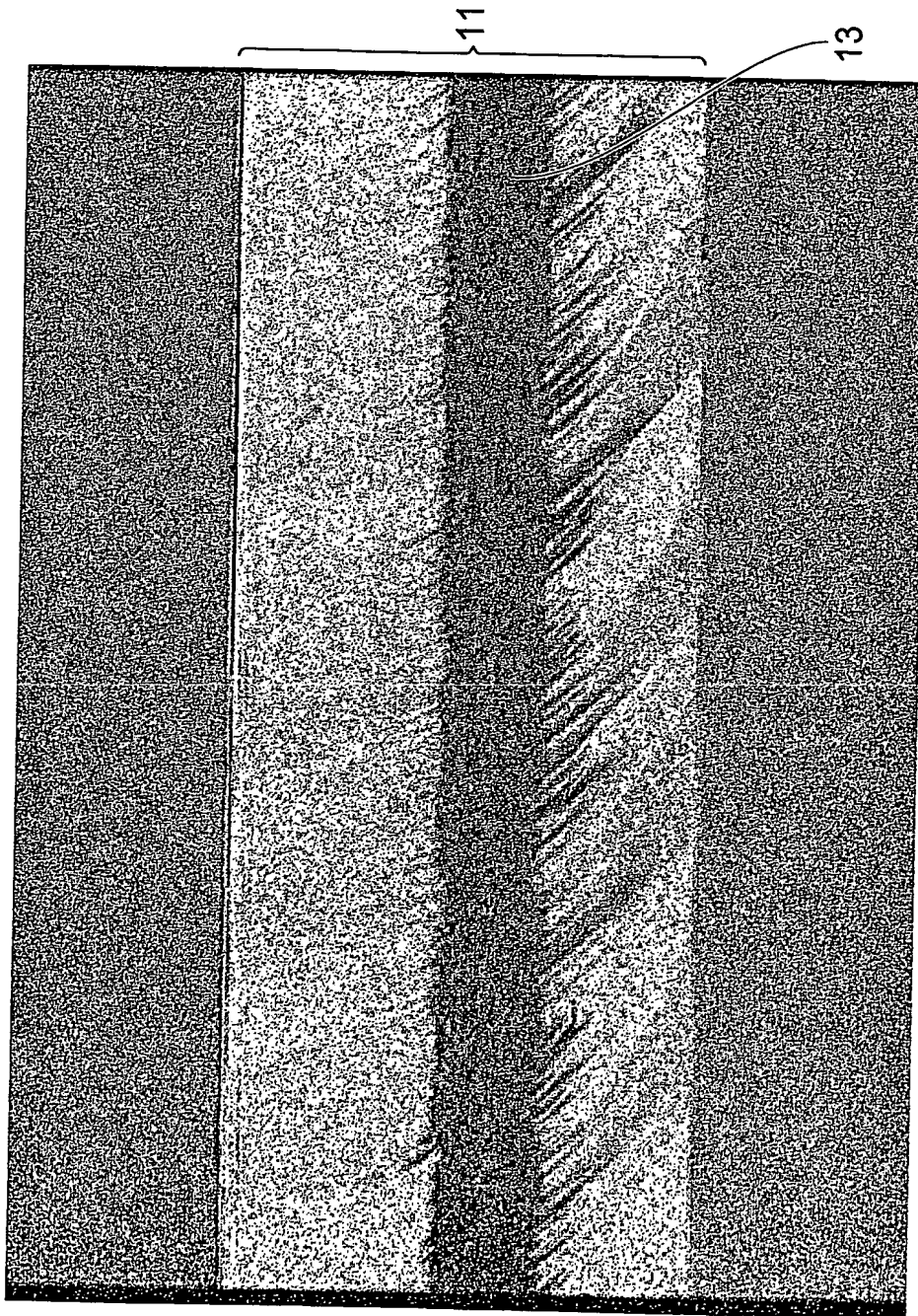
【図 10】



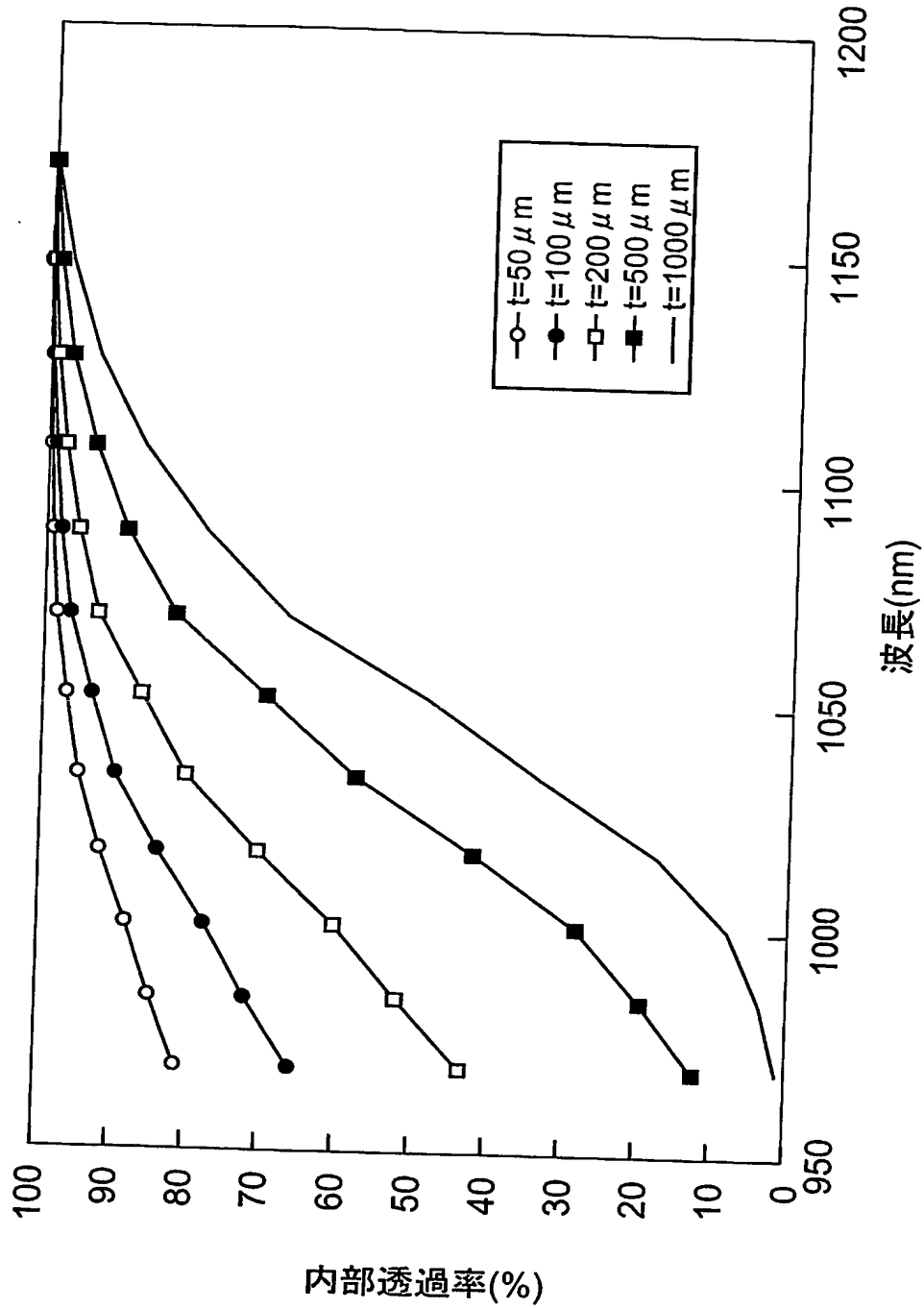
【図 11】



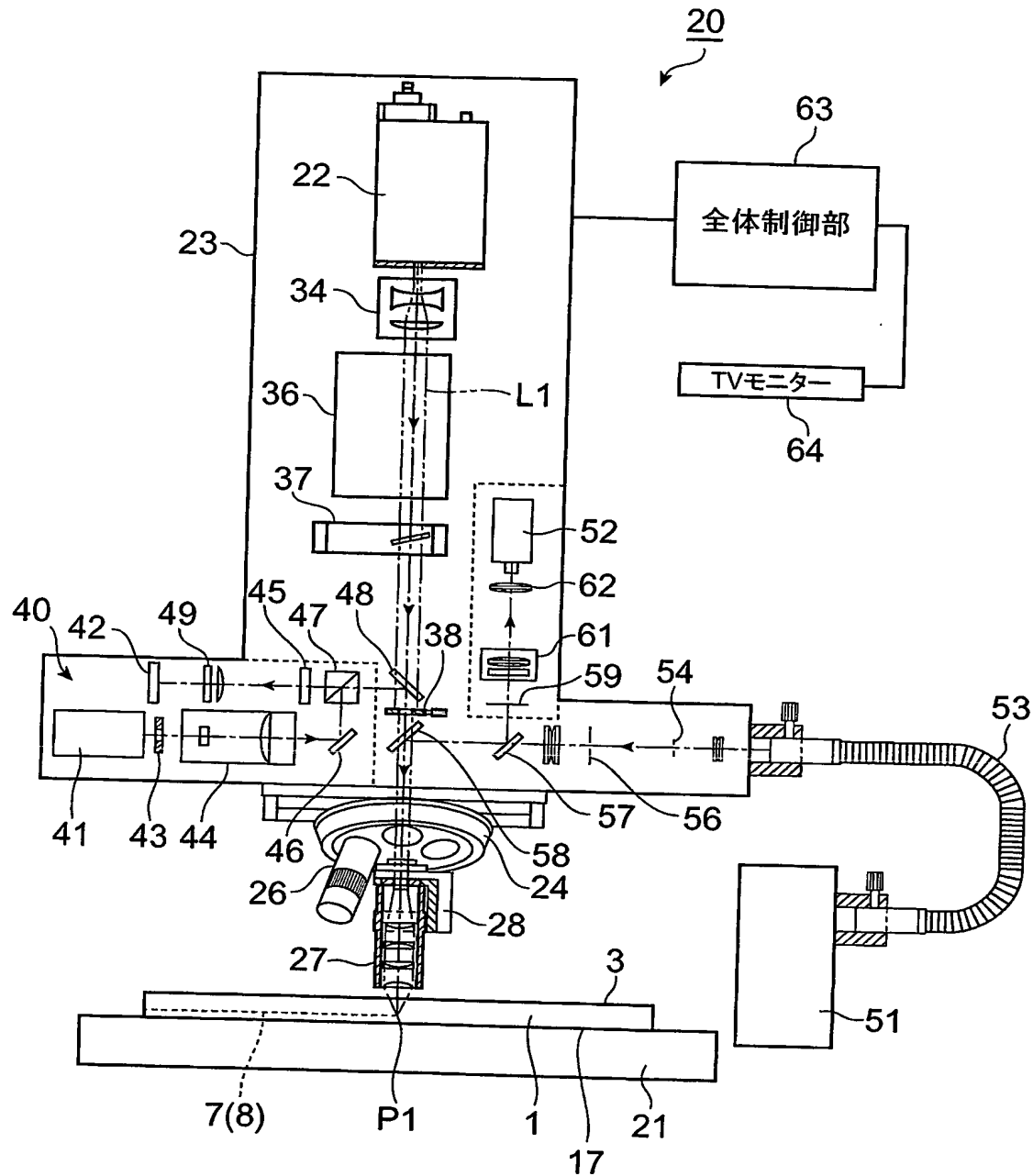
【図 12】



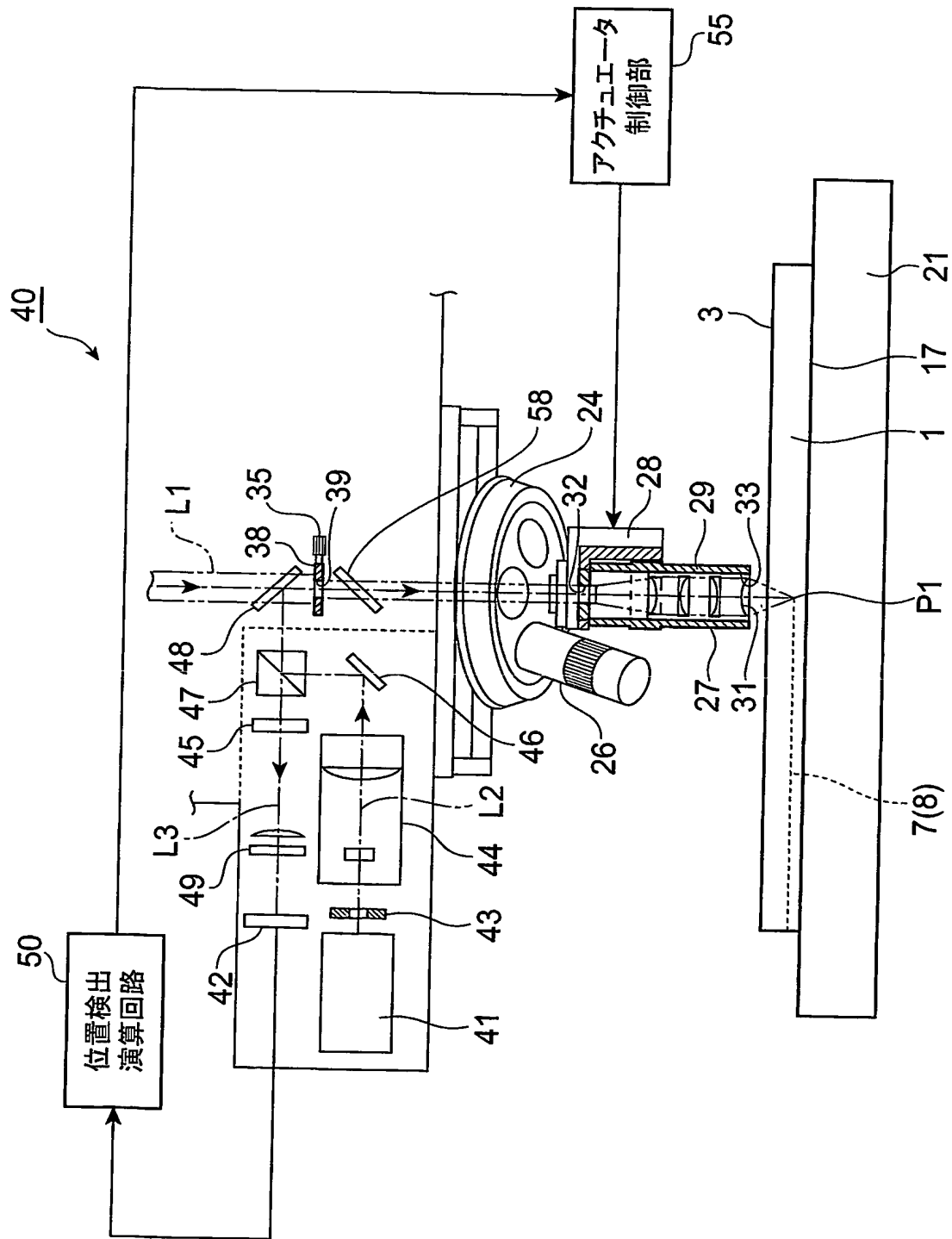
【図 13】



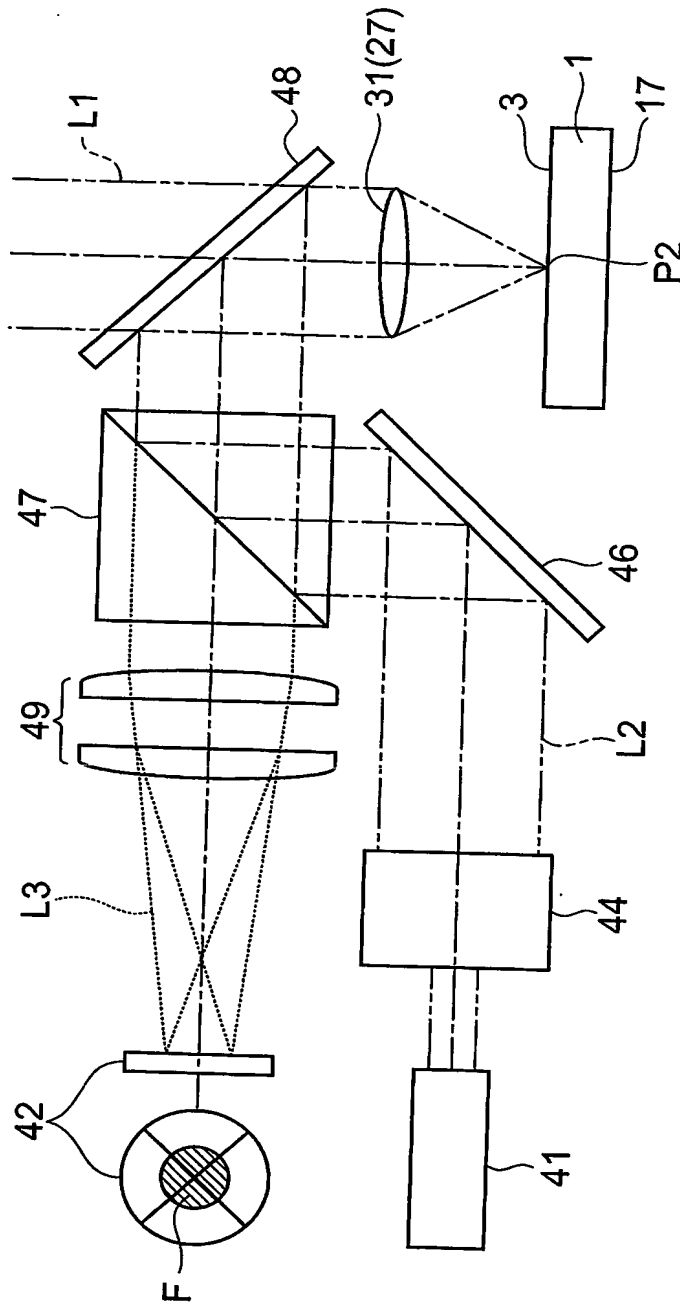
【図 14】



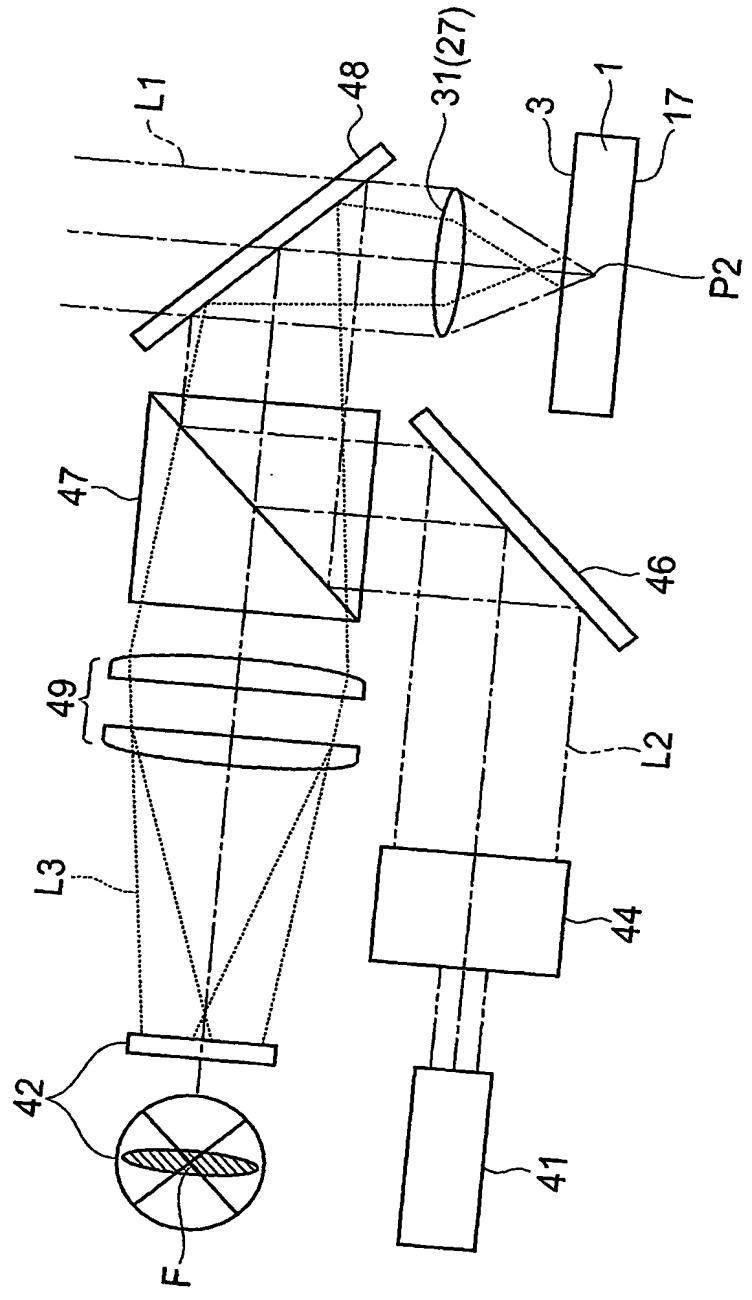
【図 15】



【図 16】

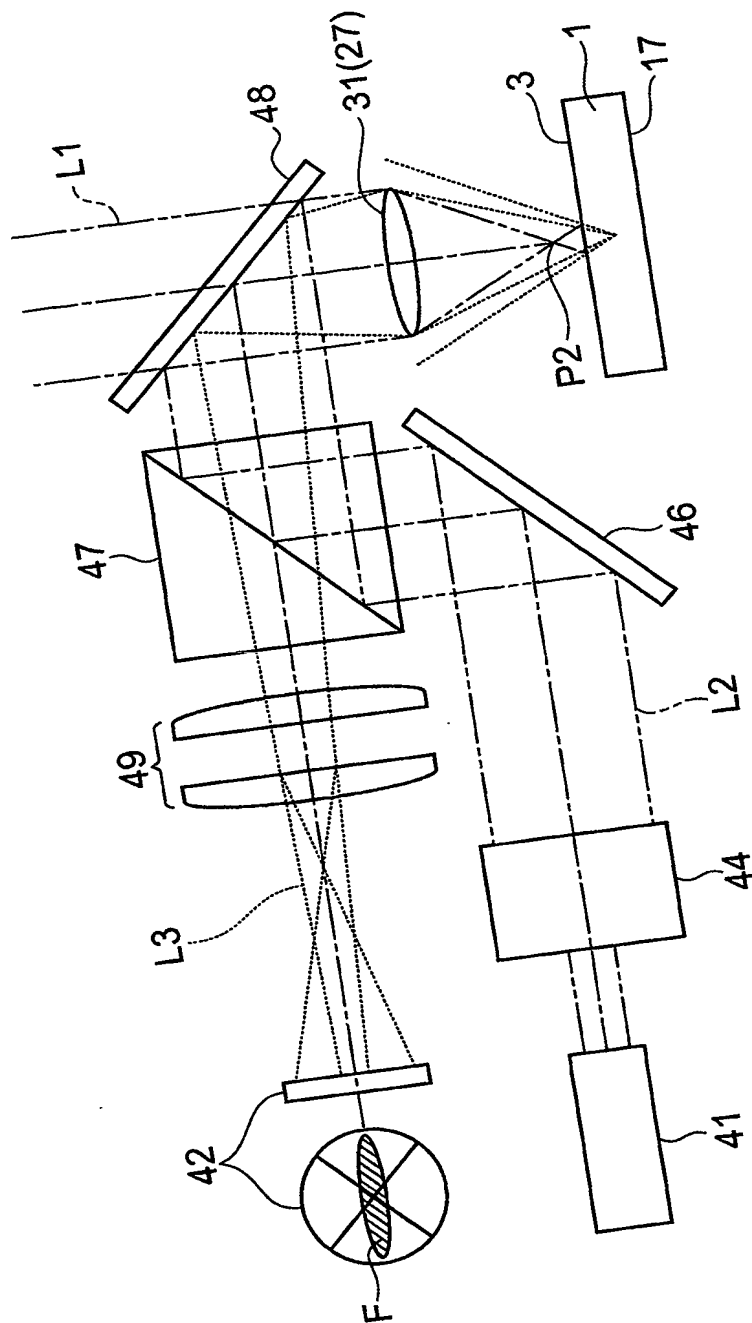


【図 17】

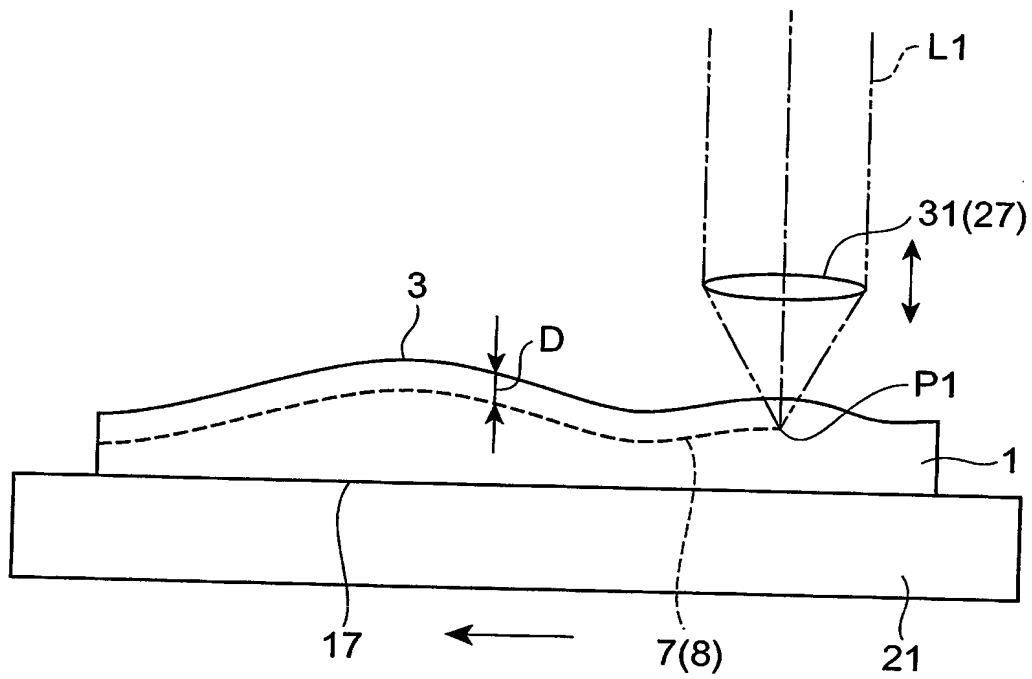


特願2002-355652

【図18】



【図 19】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 加工用レーザ光を所定の位置に精度良く集光し得るレーザ加工装置及びレーザ加工方法を提供する。

【解決手段】 レーザ加工装置においては、加工用レーザ光L1と測距用レーザ光L2とが同一の軸線上で集光レンズ31により加工対象物1に向けて集光される。このとき、集光点位置制御手段40によって、加工対象物1の表面3で反射された測距用レーザ光の反射光L3が検出され、加工用レーザ光L1の集光点P1が所定の位置に制御される。このように、加工用レーザ光L1による加工と、測距用レーザ光L2による表面3の変位の測定とが同一の軸線上で行われるため、ステージ21の振動などによって加工用レーザ光L1の集光点P1が所定の位置からずれるのを防止することができる。したがって、加工用レーザ光L1を所定の位置に精度良く集光することが可能になる。

【選択図】 図15

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 2 3 6 4 3 6 ]

1. 変更年月日  
[変更理由]

1 9 9 0 年 8 月 1 0 日

新規登録

住 所  
氏 名

静岡県浜松市市野町 1 1 2 6 番地の 1  
浜松ホトニクス株式会社